

## СЕКЦИЯ 7. ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ И МАТЕРИАЛОВ

### РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДТИТАНОВЫХ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ И СВЕРХУПРУГОСТИ

**Родионова Е.А.**

*Руководители – проф. МАИ, д.т.н. Фаткуллин О.Х.,  
докторант МАИ, к.т.н. Халов М.О.*

Московский авиационный институт, г. Москва  
elochka2008-86@list.ru

В наиболее яркой форме эффекты памяти формы и сверхупругости проявляется в сплавах на основе никелида титана.

Восстановление исходной формы при реализации эффекта памяти формы обусловлено превращением мартенсита в аустенит путем нагрева.

Восстановление исходной формы при реализации эффекта сверхупругости выражается в резиноподобном поведении при температурах, превышающих температуру завершения аустенитного превращения, и обусловлено тем, что мартенситное превращение при этих температурах можно осуществить путем принудительной деформации. При этом по степени допустимой деформации, после которой наблюдается полное восстановление формы сверхупругие сплавы в десятки раз превосходят применяемые в пружинах стали.

Наличие эффектов памяти формы и сверхупругости сплав памяти обязан тому, что по существу его структура представляет собой монолитную конструкцию (кристаллическую решетку), состоящую из тепломеханических наноприводов (элементарных ячеек решетки). У никелида титана эквиатомного состава (нитинола) превращению мартенсита в аустенит соответствует преобразование формы элементарной ячейки из моноклинно-искаженной орторомбической (моноклинной)  $B19^I$  с параметрами  $a \approx 0,2889$  нм,  $b \approx 0,412$  нм,  $c \approx 0,4622$  нм,  $\beta \approx 96,8^\circ$ , в объемоцентрированную кубическую  $B2$  с параметром  $a \approx 0,3$  нм, иными словами рабочий ход каждого нанопривода составляет примерно 50 % от его длины. При этом, поскольку количество циклов реализации аустенитно-мартенситных превращений ничем не ограничено, то теоретически ничем не ограничено и количество циклов реализации эффектов памяти формы и сверхупругости.

На практике нитиноловые поликристаллические струны диаметром менее 1мм могут полностью восстанавливать форму после удлинения на

8 %, монокристаллические, на 15 %, а нанонитиноловые нити (усы) диаметром 4 нм, на 20 %.

Сплавы на основе никелида титана имеют высочайшую коррозионную стойкость, что позволяет применять сделанные из них сверхупругие канаты, проволоки, ленты, пружины и оболочки в наиболее ответственных и труднодоступных конструкциях с высокой агрессивностью окружающей среды, например, устройствах автоматического пожаротушения или внутрискважинном нефтегазовом оборудовании.

С учетом вышесказанного при выборе объектов предстоящих исследований и внедрения с учетом ныне сложившейся конъюнктуры, мы предлагаем осуществить разработку и создать три устройства на основе эффекта памяти формы.

1. Устройство на основе эффекта памяти формы, обеспечивающее самопроизвольное отпирание решеточных и дверных замков при пожаре для эвакуации людей, в том числе престарелых, больных и детей. Устройство оборудовано мощной застопоренной в период ожидания пожара пружиной для открывания замка и термочувствительным спусковым механизмом для выведения пружины из застопоренного состояния. Привод в действие спускового механизма производится, по меньшей мере, либо одной работающей на растяжение-сжатие прямолинейной нитиноловой проволоки или ленты, либо пружиной, навитой из нитиноловой проволоки. При этом нитиноловые элементы спрятаны от посторонних глаз и расположены в наиболее пожароопасных местах помещения, на расстоянии от управляемого ими замка. В сравнении с аналогами предлагаемое устройство обладает повышенным быстродействием и позволяет эвакуироваться при пожаре без помощи посторонних любому самостоятельно передвигающемуся человеку, в том числе престарелым, больным и детям.

2. Спринклер на основе эффекта памяти формы, обеспечивающий самопроизвольное начало и окончание орошения очага возгорания при пожаре. Своевременное прекращение орошения позволяет экономить используемую при тушении пожара воду или пену, и, что самое главное, предотвратить затопление нижерасположенных квартир и других помещений. В спринклере использован один из самых распространенных и надежных среди традиционной запорной арматуры клапан с вращающимся шаровым затвором и фторопластовым седлом. Затвор клапана соединен с застопоренной анкерным механизмом, взведенной на весь период ожидания пожара приводной стальной пружиной. Анкерный механизм приводится в действие компактным пружинным, проволочным или ленточным термочувствительным нитиноловым элементом, в противоход которому установлена возвратная стальная пружина. При пожаре термочувствительный элемент нагревается, укорачивается и приводит в

действие анкерный механизм, в результате чего под действием расстопоренной приводной пружины клапанный затвор поворачивается на  $90^0$  и клапан отпирается. После тушения пожара температура в помещении падает, термочувствительный элемент охлаждается и в результате растяжения под действием реверсной пружины происходит переключение анкерного механизма. Расстопоренная приводная пружина поворачивает затвор на  $90^0$  и клапан запирается. После этого в зависимости от аккумулирующей способности приводной пружины данный цикл работы спринклера может многократно повторяться.

3. Устройство селективного заканчивания скважины на основе эффекта памяти формы, обеспечивающее переключение затворов в процессе непрерывающейся добычи углеводородов при длительной эксплуатации и перепадах давления до 30...50 МПа. Для решения поставленной задачи предложено заменить обычно используемый в подобных случаях трубчатый золотниковый клапан большого диаметра комплектом традиционных для других отраслей промышленности золотниковых клапанов малого диаметра. Эти клапаны расположены по окружности скважины и каждый из них оснащен своим тепломеханическим приводом в виде работающих на растяжение – сжатие в противоход мышцевидных пакетов из прямолинейных нитиноловых проволок. При этом, по крайней мере, один из клапанов имеет меньший диаметр или более мощный привод, и используется в качестве подрывного клапана, что позволяет переключать комплекты связанных с разными продуктивными горизонтами клапанов, не прекращая нефтедобычи. Нитиноловые проволоки нагреваются электрически, косвенно, при помощи электрического нагревателя или путем прямого пропускания электрического тока. В последнем случае появляется возможность измерять температуру в скважине и определять степень деформации проволок путем измерения их электрического сопротивления. В отличие от известных аналогов, в представленных конструкциях заложена возможность дублирования постоянно расположенной в скважине кабельной линии управления временно спускаемым в скважину, например, вместе с насосом, каротажным кабелем. Контакты данного дублера при этом либо соединены со спускаемым вместе с ним электрическим нагревателем, либо состыковываются в скважине с контактами напрямую нагреваемых током нитиноловых проволок.